

Requested Patent: JP10301257A

Title:

MULTIIMPOSITION PHOTOMASK DEFECT ANALYZING SYSTEM AND DEFECT ANALYZING METHOD AS WELL AS MEMORY MEDIUM RECORDED WITH THIS DEFECT ANALYZING PROGRAM ;

Abstracted Patent: JP10301257 ;

Publication Date: 1998-11-13 ;

Inventor(s): FUKUSHIMA YUICHI ;

Applicant(s): TOPPAN PRINTING CO LTD ;

Application Number: JP19970109864 19970425 ;

Priority Number(s): ;

IPC Classification: G03F1/08; H01L21/027; H01L21/66 ;

Equivalents: ;

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to fetch the information on the shapes, sizes, optical densities, etc., of actual photomask defects with good accuracy and to rapidly and easily carry out systematic defect analyses. SOLUTION: The photomask patterns 4a, 4b of a multiimposition photomask 3 of a defect observing unit 1 are respectively compared and observed in observing sections 6a, 6b. The observed images are respectively transferred from observed image output sections 8a, 8b to a defect analyzing unit 10. Defect images are separated and extracted in a defect image extracting section 11. The defect images and the pattern images are respectively converted to data for simulation in a defect image data converting section 12a and a pattern data synthesizing section 13 and are thereafter synthesized by the pattern data synthesizing section 13. Light intensity simulation is executed by a light intensity simulation section 15 in accordance with the synthesized data.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-301257

(43) 公開日 平成10年(1998)11月13日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 3 F 1/08

G 0 3 F 1/08

S

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/66

J

21/66

Z

21/30

5 0 2 V

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平9-109864

(22) 出願日

平成9年(1997)4月25日

(71) 出願人 000003193

凸版印刷株式会社

東京都台東区台東1丁目5番1号

(72) 発明者 福島 祐一

東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印

刷株式会社内

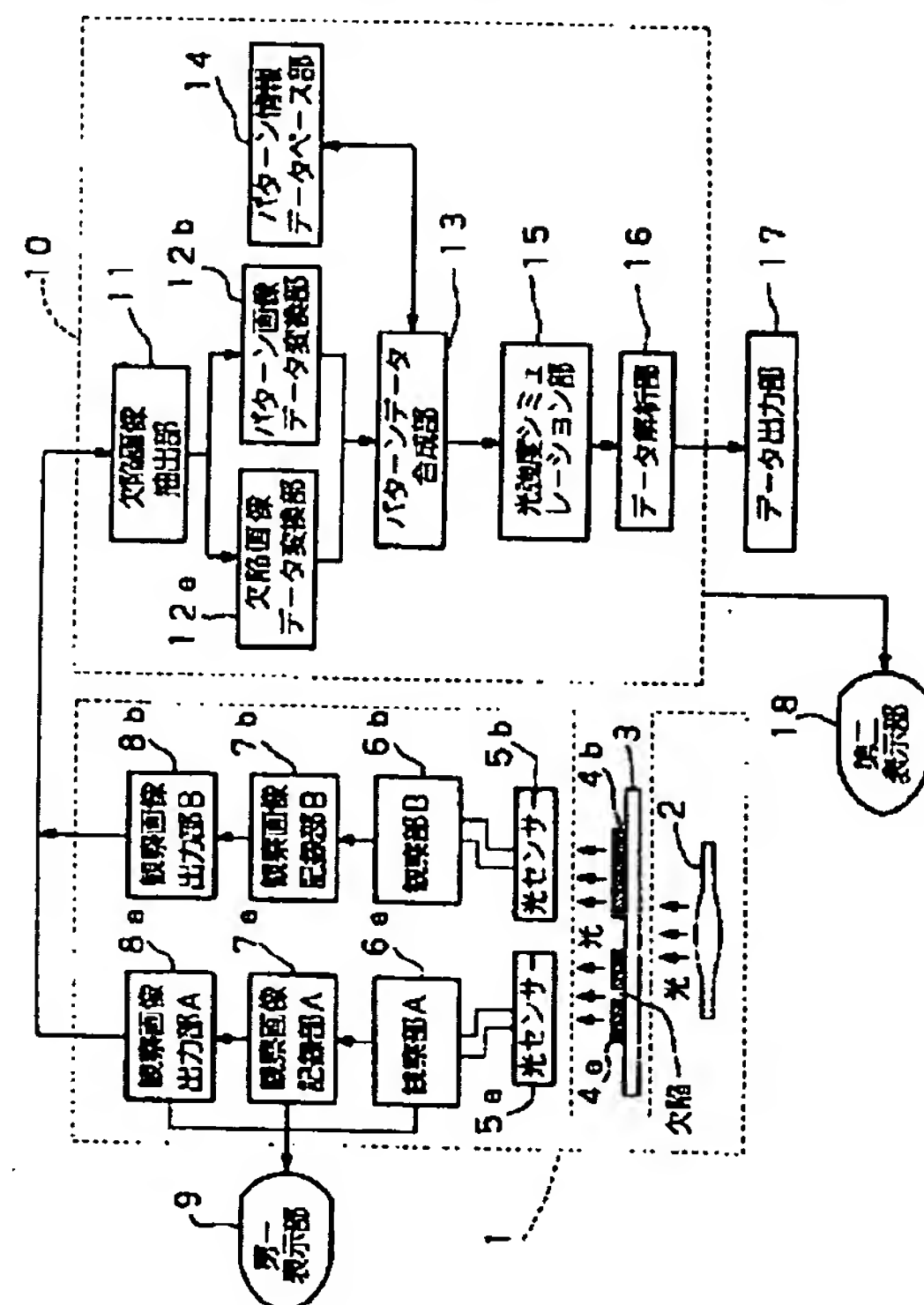
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武 (外2名)

(54) 【発明の名称】 多面付フォトマスク欠陥解析装置および欠陥解析方法ならびに該欠陥解析プログラムを記録した記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】 実際のフォトマスク欠陥の形状・大きさ・光学濃度等の情報を精度よく取り込み、かつ系統的な欠陥解析を迅速・容易に行うことができる多面付フォトマスク欠陥解析装置および欠陥解析方法を提供すること。

【解決手段】 欠陥観察ユニット1において多面付フォトマスク3のフォトマスクパターン4a、4bがそれぞれ観察部6a、6bにおいて比較観察され、観察された画像は、それぞれ、観察画像出力部8a、8bから欠陥解析ユニット10へ受け渡される。そして、欠陥画像抽出部11にて欠陥画像が分離抽出され、欠陥画像とパターン画像とがそれぞれ欠陥画像データ変換部12a、パターンデータ合成部13にてシミュレーション用データに変換された後、パターンデータ合成部13にて合成され、該合成されたデータに基づいて光強度シミュレーション部15により光強度シミュレーションが行われる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 同一フォトマスク上に複数の相似マスクパターンが配置された多面付フォトマスク上の欠陥による、フォトリソグラフィ工程における露光転写への影響を解析する多面付フォトマスク欠陥解析装置において、前記多面付フォトマスクの各マスクパターン上においてそれぞれ互いに相対的に一致する部分を比較観察し、該観察した各マスクパターンの画像情報を出力する観察手段と、前記観察手段から出力された各マスクパターンの画像情報を比較し、前記各マスクパターン上に存在する欠陥部分の画像情報を抽出する欠陥画像抽出手段と、前記抽出された欠陥部分の画像情報に対し、拡大・縮小または変形等の画像処理を行い、かつ、該画像情報を光強度シミュレーションを行うためのシミュレーション用データに変換する欠陥データ変換手段と、前記データ変換手段により変換された欠陥部分のシミュレーション用データと、予め記憶しているマスクパターンのシミュレーション用データとを合成するデータ合成手段と、前記データ合成手段により合成されたデータに基づいて光強度シミュレーションを実施し、シミュレーション結果を解析するシミュレーション手段とからなる多面付フォトマスク欠陥解析装置。

【請求項2】 請求項1に記載の多面付フォトマスク欠陥解析装置において、前記観察手段から出力された各マスクパターンの画像情報を比較し、前記欠陥部分を除いたマスクパターンの画像情報を出力するパターン画像出力手段と、前記欠陥部分を除いたパターンの画像情報を光強度シミュレーションを行うためのシミュレーション用データに変換するパターンデータ変換手段とを有し、前記データ合成手段が、前記欠陥データ変換手段において変換された欠陥部分のシミュレーション用データと、前記パターンデータ変換手段により変換された欠陥部分を除いたパターンのシミュレーション用データとを合成することを特徴とする多面付フォトマスク欠陥解析装置。

【請求項3】 同一フォトマスク上に複数の相似マスクパターンが配置された多面付フォトマスク上の欠陥による、フォトリソグラフィ工程における露光転写への影響を解析する多面付フォトマスク欠陥解析方法において、前記多面付フォトマスクの、あるパターンにおいて欠陥を含むパターン部分を光学的に観察し、当該観察されたパターン部分の画像情報を得る第1の工程と、前記多面付フォトマスクの他のパターンにおいて前記欠陥を含むパターン部分に対応し、かつ、欠陥を含まないパターン部分を比較観察し、当該比較観察されたパターン部分の画像情報を得る第2の工程と、前記第1、第2の工程で得られた各画像情報に対して、

欠陥を含むパターン部分と欠陥を含まないパターン部分との画像比較によって欠陥部分のみの画像情報を抽出する第3の工程と、

抽出した欠陥画像及びパターン画像に関して光強度シミュレーション用データへのデータ変換処理を行い、さらにパターン情報データベースから適宜パターンデータを呼び出して前記欠陥画像と合成し、合成したデータに対して光強度シミュレーションを行う第4の工程と、前記光強度シミュレーションの結果をデータ解析し、出力する第5の工程とを有することを特徴とする多面付フォトマスク欠陥解析方法。

【請求項4】 同一フォトマスク上に複数の相似マスクパターンが配置された多面付フォトマスク上の欠陥による、フォトリソグラフィ工程における露光転写への影響をコンピュータによって解析するプログラムを記録した記憶媒体であって、前記プログラムは、コンピュータに、前記多面付フォトマスクの各マスクパターン上においてそれぞれ互いに相対的に一致する部分の各マスクパターンの画像情報を比較させ、前記比較した結果に基づいて前記各マスクパターン上に存在する欠陥部分の画像情報を抽出させ、前記抽出された欠陥部分の画像情報に対し、拡大・縮小または変形等の画像処理を実施させ、前記画像処理された画像情報を光強度シミュレーションを行うためのシミュレーション用データに変換させ、前記変換された欠陥部分のシミュレーション用データと、予め記憶しているマスクパターンのシミュレーション用データとを合成させ、前記合成されたデータに基づいて光強度シミュレーションを実施し、シミュレーション結果を解析させることを特徴とする多面付フォトマスク欠陥解析プログラムを記録した記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体製造工程中のフォトリソグラフィ工程において、ウェハ上の露光パターンに対するフォトマスク上の欠陥の露光転写への影響を解析するための、フォトマスク欠陥解析装置および欠陥解析方法ならび該欠陥解析プログラムを記録した記憶媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、フォトマスク上の欠陥解析は、実際に欠陥をウェハ上に露光転写し、形成されたウェハ上のレジストパターンを計測評価することによって行われていた。このような欠陥解析の目的は、フォトマスクパターンを用いてウェハに転写する際に、フォトマスク上の欠陥がウェハパターンにどのような悪影響を及ぼすかについて評価することである。そのためフォトマスク欠陥自身の形状や大きさだけでなく、上述した露

光転写を行うことによって初めて、パターンの良否判定を行ったり、欠陥の大きさ・形状等の適切な許容範囲を設定したりすることが可能となる。

【0003】フォトマスク欠陥解析の一般的手順として、第一の従来方法を次に説明する。図3は、第一の従来方法の手順を示したフローチャートである。まず、ステップSA1においてフォトマスク（欠陥あり）を準備し、ステップSA2においてフォトマスク欠陥検査機あるいは光学顕微鏡等の光学的観察装置を用いて欠陥を検出・観察する。そして、ステップSA3においてこの欠陥の位置、形状、大きさ等の情報を記録しておく。次にステップSA4において、このフォトマスクを露光転写装置に取り付け、所定の露光条件で実際にウェハー上に露光転写する。そしてステップSA5において所定のリソグラフィ工程を行い、ウェハー上のレジストパターンを得る。このレジストパターンには、上記フォトマスク上の欠陥も転写されていることが期待される。

【0004】次に、ステップSA6では、ステップSA5で得られたウェハーパターンにおいて、上述したフォトマスク欠陥のあった位置に対応するパターン部分を観察し、ステップSA7においてこれと上記フォトマスク欠陥の情報とを比較評価することにより、ウェハーパターンに対してフォトマスク欠陥がどのような影響を与えたかを評価する。ここで説明した手順は、特に装置や実験条件を限定するものでなく、一般的な欠陥検査装置や光学顕微鏡などの装置、および、一般的に用いられる実験条件を使用すればよい。

【0005】しかしながら、上述した従来のマスク欠陥解析方法に関する第一の方法を実施するためには次の条件が必要であった。まず第一に、フォトマスク上に欠陥が存在していなければならないこと、つまり欠陥のあるフォトマスクを見い出して、しかもその欠陥が転写評価の目的に沿うような形状・大きさである必要がある。第二に、露光転写装置を含むウェハー用リソグラフィプロセスの設備一式が必要であり、実際に露光転写とリソグラフィプロセスを行う必要があること、第三にマスク欠陥装置およびウェハー欠陥検査装置あるいは同等の光学的欠陥観察装置が必要である。すなわち、マスク上の欠陥を実際にウェハー上に露光転写して評価しなければならない。

【0006】そして、この手段によって欠陥の影響の解析評価を行ったとしても、次に述べる欠陥解析上の困難があった。それは、マスク欠陥はその製造プロセス上で「偶然に」生成されるものであり、本来意図的にその欠陥の生成を再現できるものではないということである。すなわち、マスク欠陥を任意の形状や大きさに制御することが困難であるため、解析を行うために必要な欠陥形状や大きさを自由に得られなかった。

【0007】また、最初から欠陥を模擬したパターンデータを用意して欠陥評価専用フォトマスクを作製し、こ

れを用いて転写評価することで、ある程度バリエーションに富んだ形状や大きさの欠陥を評価することが可能である。しかし、一般的な実際のフォトマスク欠陥はマスク製造プロセス中での様々な原因、たとえば異物やコンタミネーション、汚染、クラック、露光むら、洗浄むら等の不特定原因から生成されるものである。そのため、欠陥の形状は実際には、不定形や円形などの曲線部を含むことがほとんどであり、大きさも肉眼で観察可能なものからサブミクロン以下のものまで多様で、欠陥の存在する密度も同様に多様である。

【0008】一方、パターンとして作り込まれた欠陥は、CAD（Computer aided design）によるパターンデータ設計の制限があり、基本的な形状としては矩形、あるいは矩形の組み合わせでしかできず、上述したように、実際の欠陥が曲線部を多く含むのに比べて形状が本質的に異なっている。また、欠陥の大きさは、ある程度制御が可能であるが、サブミクロン以下の微小サイズの欠陥はマスクプロセス上、製造が困難であり、意図した形状や大きさに制御して製造することが非常に困難である。

【0009】さらに、コンタミネーションに起因する欠陥の中には、光学濃度が通常のマスクパターンと異なることがあり、半透明のものや、濃度分布が中央と周辺で異なるなど不均一のものがありうる。このような欠陥は、もはやマスクパターンとして意図的に制御して作り込むことは不可能である。従って、上記欠陥評価用フォトマスクでは、欠陥解析はごく限られた形状の範囲でしかできなかった。またコストの点でも、露光転写実験を行う必要に加え、さらに欠陥評価用フォトマスクを製造する必要がある、より不利であった。よって、前述した第一の方法では欠陥解析に関して十分な系統的評価を行うことは困難であった。また、実際に露光転写実験を行うので、高価な設備を用い、時間をかけて行わねばならず、コスト及び時間の点で非常に不利であった。

【0010】そこで、第二の従来方法として行われているのが、コンピュータシミュレーションによる欠陥解析である。ここでコンピュータシミュレーションとは、フォトリソグラフィ工程の露光工程をシミュレーションする、光強度シミュレーションのことを指す。光強度シミュレーションは、フォトマスクパターンデータをもとに、露光転写条件をパラメータとしてウェハー上の露光分布をシミュレーションするものである。

【0011】第二の従来方法は、以下の手順に従う。図4にこの手順を示す。まず、図4のステップSB1においてマスク欠陥を模擬した疑似欠陥パターンデータを作る。但し、これは光強度シミュレーション用データとして作る。本来のマスクパターンはマスク設計用CADシステムを用いて製図されており、シミュレーション用データも同様に矩形あるいは矩形の組み合わせからなるパターンとして設計しなければならないが、矩形自体の大

きさ（インクリメントという）には制限がないので、コンピュータの計算能力の許す限り微細な矩形で構成することができ、実際の欠陥形状にある程度近似させることができる。また、コンピュータ上のデータであって実際のフォトマスクは作る必要がないため、上述した第一の方法のような製造上の困難もない。

【0012】次にステップSB2において、通常のマスキパターンを模擬したマスキパターンデータを用意し、これを光強度シミュレーション用にデータ変換する。さらにステップSB3において、データ変換したマスキパターンデータを、ステップSB1で作成した欠陥データと合成する。ここで、マスキパターンデータと欠陥データは、最初から同じレイヤーで作成してもよく、その場合、合成は不要となる。また別のレイヤーで作成した場合には、欠陥とパターンとを別々に何種類か作成しておき、合成する時に様々な組み合わせを用いることができる。実際には、どちらかの方法を適宜選択すればよい。

【0013】そしてステップSB4において、この合成したデータに対して所定の露光転写条件をパラメータとして光強度シミュレーションを行う。次にステップSB5において、前記光強度シミュレーションにより得られたシミュレーション結果を解析し、評価することにより、欠陥がフォトマスクパターンの露光転写時に与える影響が評価できる。以上、第二の従来方法によれば、実際にマスク及び欠陥を製造することなく、コンピュータ上のみで欠陥解析が可能になるので、非常に迅速かつ安価なコストで実施できるという利点を有している。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、コンピュータシミュレーションを用いた第二の従来方法も、実際の欠陥を解析する点では精度に問題があった。すなわち、前述のように実際のマスク欠陥の形状は不定形が多く、かつ光学濃度分布が一定でないこともあるため、それらの欠陥を正確に欠陥データとして設計することが困難であった。欠陥データ及びパターンデータは、CAD等の設計ツールを用いて作られるが、通常の設計ツールでは複雑な曲線形状を持つ欠陥を正確には設計できない。通常のCADは回路パターン設計用であるため、直線のみのパターンがほとんどであって、曲線があったとしても円形などの単純な形でしかない。

【0015】そのため、欠陥形状を模擬するといっても矩形に近い形状になり、実際の欠陥とはかなり異なってしまう。データのインクリメントを細かくすることで原理的には不定形でも模擬することは可能であるが、手動でそのようなことを行うには大変な負荷がかかり、さらにそのためにデータ容量が飛躍的に増大してしまい、シミュレーション計算において膨大な時間を費やすことになるという問題があった。従って、実際のフォトマスク欠陥の解析を精度良く行う自的には不適當であった。

【0016】そこで本発明は上記のような問題点を鑑

み、実際のマスク欠陥の形状・大きさ・光学濃度等の情報を精度良く取り込むことができ、かつ系統的な欠陥解析が迅速・容易に行うことができる、多面付フォトマスク欠陥解析装置および欠陥解析方法ならびに該欠陥解析プログラムを記録した記憶媒体を提供することを目的とする。

【0017】また、他の目的としては、フォトマスク上において、パターンと欠陥部分とが近接している場合でも、正確に欠陥部分のみの情報を取り込むことができる多面付フォトマスク欠陥解析装置および欠陥解析方法ならびに該欠陥解析プログラムを記録した記憶媒体を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、前記請求項1に記載の発明は、同一フォトマスク上に複数の相似マスキパターンが配置された多面付フォトマスク上の欠陥による、フォトリソグラフィ工程における露光転写への影響を解析する多面付フォトマスク欠陥解析装置において、前記多面付フォトマスクの各マスキパターン上においてそれぞれ互いに相対的に一致する部分を比較観察し、該観察した各マスキパターンの画像情報を出力する観察手段と、前記観察手段から出力された各マスキパターンの画像情報を比較し、前記各マスキパターン上に存在する欠陥部分の画像情報を抽出する欠陥画像抽出手段と、前記抽出された欠陥部分の画像情報に対し、拡大・縮小または変形等の画像処理を行い、かつ、該画像情報を光強度シミュレーションを行うためのシミュレーション用データに変換する欠陥データ変換手段と、前記データ変換手段により変換された欠陥部分のシミュレーション用データと、予め記憶しているマスキパターンのシミュレーション用データとを合成するデータ合成手段と、前記データ合成手段により合成されたデータに基づいて光強度シミュレーションを実施し、シミュレーション結果を解析するシミュレーション手段とからなることを特徴とする。

【0019】また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の多面付フォトマスク欠陥解析装置において、前記観察手段から出力された各マスキパターンの画像情報を比較し、前記欠陥部分を除いたマスキパターンの画像情報を出力するパターン画像出力手段と、前記欠陥部分を除いたパターンの画像情報を光強度シミュレーションを行うためのシミュレーション用データに変換するパターンデータ変換手段とを有し、前記データ合成手段が、前記欠陥データ変換手段において変換された欠陥部分のシミュレーション用データと、前記パターンデータ変換手段により変換された欠陥部分を除いたパターンのシミュレーション用データとを合成することを特徴とする。

【0020】これらの装置構成により、フォトマスク欠陥を観察して得られた欠陥画像情報を取り込む機能手段と、これを適宜画像変換して解析目的の欠陥情報とした

後、フォトマスクパターンと合成し、光強度シミュレーションによって所望の欠陥解析を行うことを可能にした。

【0021】また、請求項3に記載の発明は、同一フォトマスク上に複数の相似マスクパターンが配置された多面付フォトマスク上の欠陥による、フォトリソグラフィ工程における露光転写への影響を解析する多面付フォトマスク欠陥解析方法において、前記多面付フォトマスクのあるパターンにおいて欠陥を含むパターン部分を光学的に観察し、当該観察されたパターン部分の画像情報を得る第1の工程と、前記多面付フォトマスクの他のパターンにおいて前記欠陥を含むパターン部分に対応し、かつ、欠陥を含まないパターン部分を比較観察し、当該比較観察されたパターン部分の画像情報を得る第2の工程と、前記第1、第2の工程で得られた各画像情報に対して、欠陥を含むパターン部分と欠陥を含まないパターン部分との画像比較によって欠陥部分のみの画像情報を抽出する第3の工程と、抽出した欠陥画像及びパターン画像に関して光強度シミュレーション用データへのデータ変換処理を行い、さらにパターン情報データベースから適宜パターンデータと呼び出して前記欠陥画像と合成し、合成したデータに対して光強度シミュレーションを行う第4の工程と、前記光強度シミュレーションの結果をデータ解析し、出力する第5の工程とを有することを特徴とする。

【0022】上記のフォトマスク欠陥解析方法により、実際のフォトマスク欠陥の形状・大きさ・光学濃度等の情報を精度良く取り込むことができ、適宜欠陥画像の画像変換を行った後マスクパターンと合成して光強度シミュレーションを行うことによって、欠陥形状や大きさ等に関して様々に変化させた上での系統的な欠陥解析を、迅速かつ容易にできるようにした。

【0023】また、請求項4に記載の発明は、同一フォトマスク上に複数の相似マスクパターンが配置された多面付フォトマスク上の欠陥による、フォトリソグラフィ工程における露光転写への影響をコンピュータによって解析するプログラムを記録した記憶媒体であって、前記プログラムは、コンピュータに、前記多面付フォトマスクの各マスクパターン上においてそれぞれ互いに相対的に一致する部分の各マスクパターンの画像情報を比較させ、前記比較した結果に基づいて前記各マスクパターン上に存在する欠陥部分の画像情報を抽出させ、前記抽出された欠陥部分の画像情報に対し、拡大・縮小または変形等の画像処理を実施させ、前記画像処理された画像情報を光強度シミュレーションを行うためのシミュレーション用データに変換させ、前記変換された欠陥部分のシミュレーション用データと、予め記憶しているマスクパターンのシミュレーション用データとを合成させ、前記合成されたデータに基づいて光強度シミュレーションを実施し、シミュレーション結果を解析させることを特徴

とする。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の内容を詳述する。図1は本発明に係る多面付フォトマスク欠陥解析装置の一構成例を示すブロック図である。以下、その各部位の役割および動作内容を説明する。

【0025】まず、欠陥観察ユニット1において、可視波長域の光源2があり、その上に解析目的のフォトマスク3を設置する。このフォトマスク3は、一般的に「多面付レチクル」とも呼ばれ、図2に示したような複数のチップパターン（その多くは2つのチップパターンである）を配置したパターンを持つものとする。また、ここでは、上述したようなフォトマスクを以下、多面付フォトマスクと呼ぶ。多面付フォトマスクは、近年の超微細加工用フォトマスクにおいて多くを占めており、1つのフォトマスクに複数のチップが存在することによってフォトマスク起因による半導体ウェハ上の全チップ共通の不良を低減させ、半導体チップの歩留まりの向上を図っている。

【0026】そして、光源2からフォトマスク3に光が照射され、フォトマスクパターン4a及び4bを通して光が透過する。フォトマスクパターン4a、4bは多面付されている相似のパターンを示す。ここで、便宜上フォトマスクパターン4aの側にフォトマスク欠陥が存在するものとする。そのとき、一般的に多面付フォトマスクの2つのパターンの同一位置に同じ形状の欠陥が存在することはほぼ皆無である（パターンデータ起因の欠陥は除外する）から、フォトマスクパターン4bにおいて、フォトマスクパターン4aの欠陥位置に対応する位置には、欠陥のない部分が観察される。

【0027】そして、フォトマスクパターン4a、4bの透過光は、それぞれ、光センサー5a、5bに入射する。これら光センサー5a、5bは、光学レンズ系及びCCD（Charge Coupled Device）等の光量感知機構からなり、微小な欠陥部分も高倍率で感知可能なものとする。また、光センサー5a、5bは同期して連動するため、常にフォトマスクパターン4aと4bの同一位置に相当するパターン部分の透過光が入射される。そして、上述したフォトマスクパターン4aのフォトマスク欠陥は、光センサー5aを通して観察部6aで透過光情報として観察される。ここで、観察された欠陥の画像情報は、第一表示部9を通して確認できる。この第一表示部は、CRTディスプレイまたは液晶ディスプレイ等、一般的に使用される画像表示機構である。また、欠陥のないフォトマスクパターン4bの透過光は、光センサー5bを通して観察部6bで透過光情報として観察される。

【0028】なお、観察部6a、6bは、それぞれ光センサー5a、5bからの情報を受け取り、アナログの光量分布情報として、観察画像記録部7a、7b及び第一表示部9へ情報を送る情報処理機構である。

【0029】次に、透過光情報は、観察部6a、6bからそれぞれ観察画像記録部7a、7bへ送られ、観察されたフォトマスクパターン4a及び4bの画像情報が記録保存される。さらに、その透過光情報は、観察画像出力部8a、8bへ送られ、ここでそれぞれデジタル画像情報（例えば、多数の画素からなるいわゆるビットマップデータ）に変換された後、欠陥解析ユニット10へ出力される。このように、欠陥観察ユニット1において、多面付フォトマスクパターンの比較観察機構を用いて、欠陥を含むフォトマスクパターンの画像情報と、これに対応する位置の、欠陥の無いパターンの画像情報とを生成し、記録・出力する役割を持つ処理装置である。

【0030】次に、欠陥観察ユニット1から出力されたフォトマスク欠陥情報は、欠陥解析ユニット10の欠陥画像抽出部11に取り込まれる。ここで、欠陥解析ユニット10は、情報処理装置として構成されており、ハードウェアとしては、コンピュータ本体とデータ記録・保管装置、表示装置、印刷出力装置等を持つ、一般的なコンピュータシステムからなる。また、用いられるソフトウェアとしては、フォトマスク欠陥情報及びフォトマスクパターン情報の処理や光強度シミュレーション、およびデータ解析などを行うためのソフトウェアからなる。

【0031】欠陥観察ユニット1から取り込まれた画像情報は、欠陥画像抽出部11において、観察画像出力部8aからの欠陥を含む画像情報（以下、情報Aと記す）と、観察画像出力部8bからのパターン画像情報（以下、情報Bと記す）とを画像比較し、重ならない部分があれば、それを欠陥画像として抽出する。一方、重なる部分については、欠陥を含まないパターン（以下、正常パターンと記す）の画像情報として抽出する。これによって、欠陥を含むフォトマスクパターン画像から、欠陥のみの画像情報と、正常パターン画像情報とが分離されて抽出される。

【0032】次に、抽出した欠陥画像情報と、正常パターン画像情報とを、それぞれ、欠陥画像データ変換部12a、パターン画像データ変換部12bとにおいて、データ変換し、光強度シミュレーション用データとする。光強度シミュレーション用データは、フォトマスクパターンを矩形のメッシュで細かく分割し、各メッシュ毎のパターン透過率の値を2次元行列形式に配列した数値データである。ここで、上記メッシュの大きさは、所定の条件により自由に選択できる。

【0033】また、欠陥画像データ変換部12aおよびパターン画像データ変換部12bにおいて、欠陥やパターンの形状や大きさ、あるいは、各メッシュの透過率といった情報を、適宜変更するようなデータ処理も可能となっている。例えば、欠陥を大きくしたい場合は、抽出された欠陥画像に対し、欠陥の輪郭を太らせる画像処理を行う。また、このような画像処理を抽出された欠陥画像の特定の方向に行えば、欠陥の変形が可能となる。画

像情報はデジタル情報であるため、目的に即した画像処理アルゴリズムを用いることにより、種々の画像変形・変換が可能である。従って、解析の目的が、例えば欠陥の大きさをパラメータとして特性を調べたい場合には、上述したような欠陥画像処理を行い、その欠陥データを用いて後述の解析を行えばよく、解析目的に応じて対応するデータ変換処理を行うことが可能である。

【0034】次に、パターンデータ合成部13において、欠陥画像変換データ及びパターン画像変換データが渡される。ここでは、データ変換後の光強度シミュレーション用の欠陥データおよびパターンデータとが合成される。一旦分離抽出した欠陥画像を再度パターン画像と合成することになるが、これは欠陥とフォトマスクパターンとを独立に変形、変換することを目的としている。そして、解析目的に応じて種々の画像変形・変換がなされた欠陥データと、パターンデータとを、画像データ変換部12a、12bで用意しておき、パターンデータ合成部13においてそれらのデータをいろいろ組み合わせることで、種々の解析を行う。

【0035】前述のように、フォトマスク欠陥の露光転写による影響は、露光条件や欠陥自身の形状や大きさによって当然変化するが、フォトマスクパターンとの組み合わせによっても変化することがある。特に欠陥とパターンが近接している場合に顕著な影響が見られるが、その原因は光近接効果によるものである。このように、フォトマスクパターンと欠陥との組み合わせによって解析結果が異なる、すなわち、欠陥の影響はパターンによっても異なるため、最終的にはこれらを合成したパターンで解析しなければならない。

【0036】例えばパターン密度が密な場合には、欠陥がランダムに存在すると仮定すれば、欠陥がパターンに密着するかあるいは近接する確率が高くなる。この場合、投影露光転写によってパターンは欠陥による光近接効果を受け、パターン自身の変形が生じることがあり、このような場合は欠陥とパターンの相対的な位置を、解析パラメータとして考慮しなければならない。したがって、その様な場合は画像データ変換部12a、12bのデータ変換処理によるパターンデータを用いて欠陥部分とパターンとの相対的な位置を解析パラメータとして、この位置を変化させて、後述する光強度シミュレーションに反映させる等の解析方法が有効である。

【0037】また、種々のフォトマスクパターンデータが格納されたパターン情報データベース部14を有しており、その中から解析目的に応じたフォトマスクパターンデータを適宜選択して取り出して、欠陥画像データ変換部12aから出力された欠陥データと合成することが可能な構成となっている。これにより、実際のフォトマスクパターンによらず、自由にパターンを選択し取り出して欠陥データと合成することができ、前述した欠陥データの変換と同様に、大きさや形状、あるいはパターン

デザインを自由に組み合わせることができるため、フォトマスクパターンに関しても自由度の高い解析が容易に可能である。

【0038】次に光強度シミュレーション部15において、欠陥データとパターンデータとを合成した合成データを取り込み、光強度シミュレーションを実行する。この際、欠陥解析目的に応じて、適宜露光波長や開口数、可干渉度、焦点誤差などの露光条件パラメータを入力する。そして、これらのパラメータの値を変更しながら繰り返しシミュレーション計算を行い、これらの結果をデータ解析部16に送って、露光条件に対する欠陥の影響の変化を解析することができる。

【0039】例えば、欠陥画像データ変換部12aでフォトマスク欠陥の形状を少しずつ変化させ、さらにそれぞれについて光強度シミュレーション部15で露光条件を変化させてシミュレーションを行う、といった解析が可能である。それらの結果をデータ解析部16において統合的に処理することで、欠陥形状と露光条件との関係を求めることができる。もちろん、別のパラメータに着目した解析も可能であり、パラメータ数をさらに増やした複雑な解析も同様な手順を繰り返すことにより可能である。

【0040】次に、データ解析部16における解析結果は、データ出力部17において出力される。ここでは解析結果のグラフィック表示、部分的なデータを取り出して3次元画像化や、それを基にして3次元等高線グラフ化等を行う加工処理、解析結果の外部記憶装置（図示略）への出力、解析結果の印刷等を行うための処理を行う。なお、欠陥解析ユニット10において、各部の処理操作はCRTディスプレイまたは液晶ディスプレイ装置からなる第二表示部18で表示され、キーボード等の入力デバイス（図示略）を介して操作する。

【0041】以上の装置構成により、欠陥観察ユニットにおいてフォトマスク欠陥の比較観察画像情報が得られ、実際のフォトマスク欠陥情報を取り入れることができる。さらに欠陥解析ユニットにおいて、欠陥画像とパターン画像とを分離抽出することにより独立にデータ変換処理を行い、欠陥データとパターンデータを自由に組み合わせた後、合成処理することができ、自由度に富むデータで光強度シミュレーションを行い、欠陥解析を行うことが可能となる。

【0042】

【発明の効果】以上の説明のように、この発明によれば、半導体ウェハのフォトリソグラフィ工程において、多面付フォトマスクの欠陥がウェハパターンに与える影響を解析するために、実際の多面付フォトマスク

欠陥の画像情報を取り込んで光強度シミュレーションを行うことで、従来は精度良く解析することが困難であった不定形や光学濃度の不均一な欠陥に対しても高精度な解析・評価を行うことができる。そして実際にウェハでの露光転写実験を行う必要がなく、迅速・容易かつ極めて安価に解析・評価ができる。

【0043】また、実際のフォトマスク欠陥の画像情報を画像処理により欠陥とパターンとに分離抽出して、独立にデータ変換処理を行うことが可能となり、適宜欠陥とパターンとを組み合わせ合成することにより、欠陥の形状や大きさ、濃度等を変化させ、パターンを変化させて系統的かつ定性的な解析を行うことも可能となる。さらに別途準備されたパターンデータベースから任意のフォトマスクパターンデータを取り込み、欠陥画像データと合成することにより、実際のフォトマスクパターンにとらわれず、任意のパターンに対して欠陥が与える影響を迅速かつ容易に解析評価することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る多面付フォトマスク欠陥解析装置の一構成例を示すブロック図である。

【図2】 多面付フォトマスクの一例を示す図である。

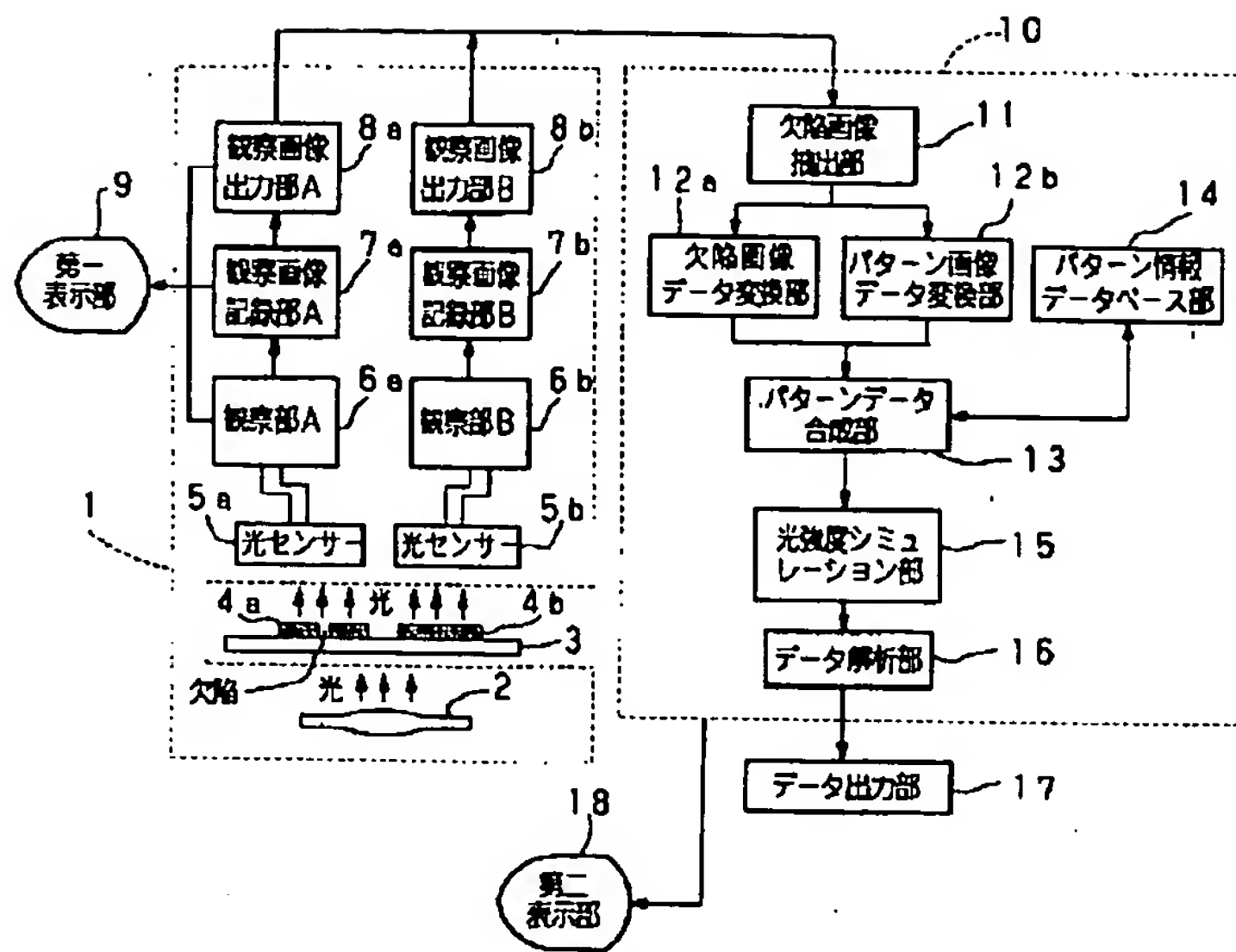
【図3】 従来のフォトマスク欠陥解析における第一の方法の手順を示すフローチャートである。

【図4】 従来のフォトマスク欠陥解析における第二の方法の手順を示すフローチャートである。

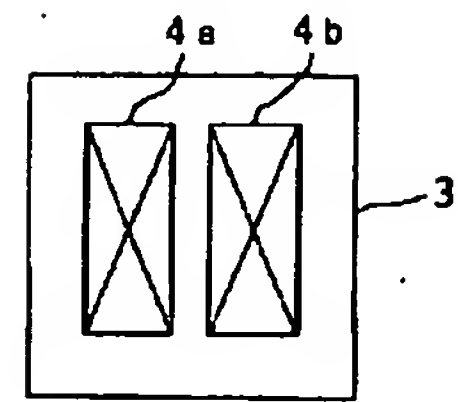
【符号の説明】

| | | | |
|----------|---------------|----------|--------------|
| 1 | 欠陥観察ユニット | 2 | 可視光源 |
| 3 | フォトマスク | 4 a, 4 b | フォトマスクパターン |
| 5 a, 5 b | 光センサー | 6 a, 6 b | 観察部A, B |
| 7 a, 7 b | 観察画像記録部A, B | 8 a, 8 b | 観察画像出力部A, B |
| 9 | 第一表示部 | 10 | 欠陥解析ユニット |
| 11 | 欠陥画像抽出部 | 12 a | 欠陥画像データ変換部 |
| 12 b | パターン画像データ変換部 | 13 | パターンデータ合成部 |
| 14 | パターン情報データベース部 | 15 | 光強度シミュレーション部 |
| 16 | データ解析部 | 17 | データ出力部 |
| 18 | 第二表示部 | | |

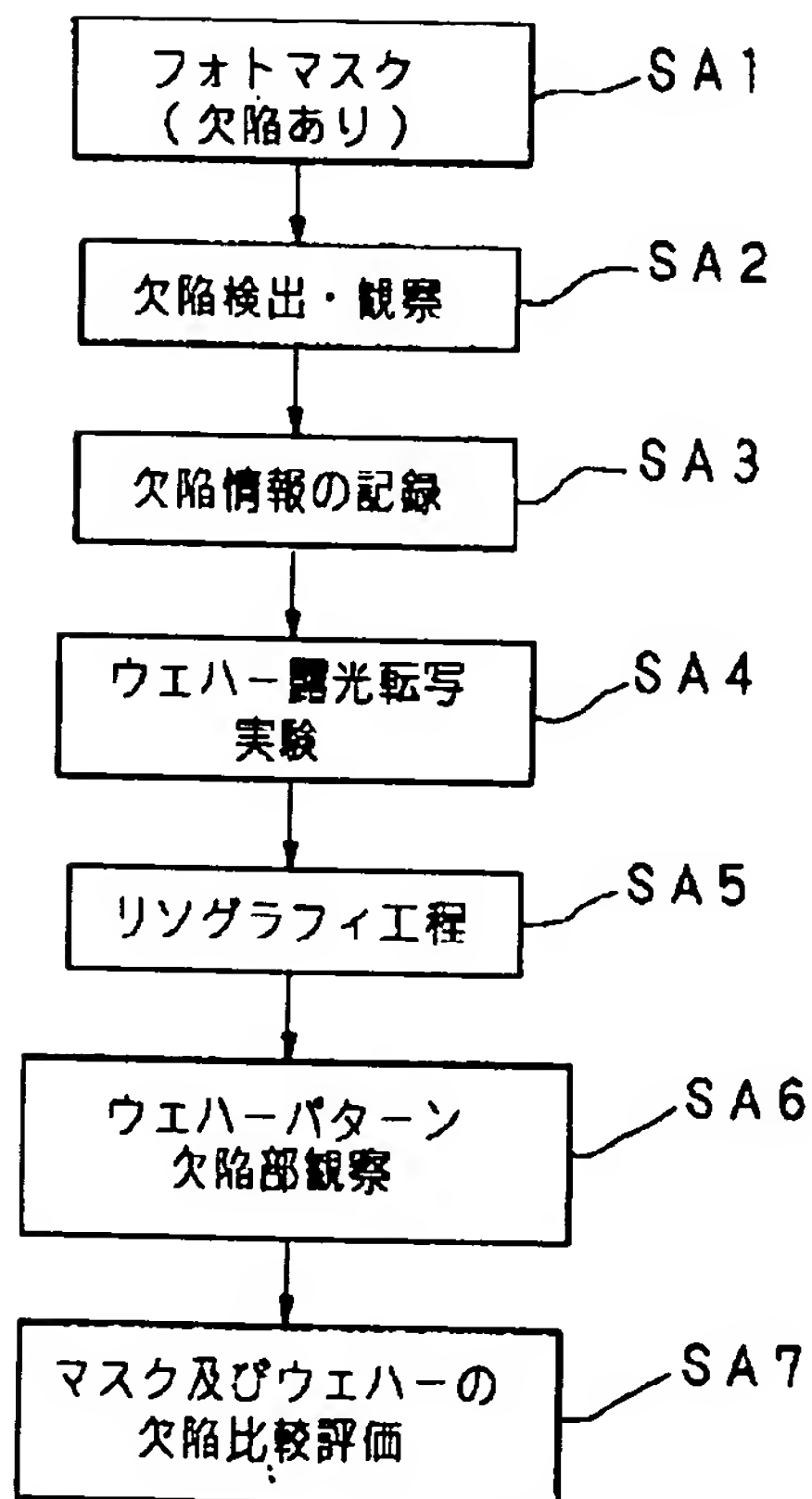
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

